

PRINCIPIOS, METODOS E INSTRUMENTOS DE UN ENFOQUE DE OFERTA EN EL PLANEAMIENTO DE LA MOVILIDAD URBANA

Pere Espelt Lleonart

Departamento de Infraestructuras del Transporte y Territorio
Universidad Politécnica de Cataluña
Barcelona, España, pere.espelt@upc.edu

RESUMEN

Si la movilidad tiene como origen la necesidad de relación de las distintas actividades sobre el territorio y como medio que la vehicula tiene las infraestructuras del transporte, resulta que no es ajena a la interacción existente entre infraestructuras y actividades de la cual actúa como mecanismo de relación. Por ello no son adecuados a la problemática de la movilidad urbana los métodos que consideran la demanda de movilidad como una variable preestablecida cuya proyección futura determina la infraestructura necesaria.

El enfoque denominado de oferta entiende que la localización de las actividades y la movilidad que éstas demandan dependen de la forma y la ordenación de las redes de infraestructura, con lo cual fundamenta las actuaciones en su potencial de transformación.

Tras una breve reflexión teórica sobre la necesidad de refundación hacia un paradigma retístico más dinámico, holístico y territorializado, se plantea un cierto orden metodológico de ordenación topológica de modos en la trama viaria y de diseño tipológico de la calle según su capacidad de admisión del tráfico y la compatibilidad con el resto de funciones urbanas.

Se caracterizan los registros de análisis propios del enfoque (morfología, topología, accesibilidad y cobertura) y algunos instrumentos asociados. Sin embargo, esos instrumentos no son suficientes; se complementan con los tradicionales de un enfoque de demanda para ofrecer un resultado más acorde con la movilidad y el modelo de ciudad a los cuales se aspira. Este artículo se basa en los trabajos de un equipo de profesores de la Escuela de Ingenieros de Caminos de Barcelona dirigidos por Manuel Herce al cual pertenece el autor.

1. CRISIS DEL ENFOQUE TRADICIONAL DEL PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE

La movilidad es expresión de las relaciones entre las distintas actividades existentes sobre el territorio. Entendida así de simple, la movilidad como producto sin retorno sobre el sistema, ha sido objeto de una cierta abstracción desde los años cuarenta por parte de la planificación del transporte, al considerar su demanda como una variable preestablecida que determinaba la infraestructura necesaria. Un enfoque así, denominado de demanda, supuso, pues, concentrar el esfuerzo metodológico en la cuantificación de las solicitudes de movilidad, haciendo abstracción de la interrelación existente entre infraestructuras, actividades y el medio que modaliza sus relaciones.

Todas las esferas de la planificación de las distintas infraestructuras de la ingeniería, se abocaron sistemáticamente a ello con sofisticados métodos de cálculo, aún cuando los más conocidos sean los denominados modelos de tráfico, que guardan gran correspondencia con los de otras infraestructuras de servicio¹. Los instrumentos desarrollados constituyen, por supuesto, indudables avances instrumentales y la modelización matemática de la cuantificación de los flujos en las interrelaciones urbanas tiene un valor explicativo indudable en el conocimiento del funcionamiento de la ciudad.

El problema es que, con los mismos instrumentos, se plantean a continuación las propuestas de planificación, extrapolando a situaciones futuras los modelos ajustados sobre la base de la observación del statu quo, todo bajo una aparente objetivización del dimensionado de las infraestructuras y una autonomía malentendida respecto del planeamiento urbanístico. Si a término las intensidades de uso de lo construido convergen a las cifras estimadas, solo es consecuencia de la propia nueva infraestructura, es decir, por las nuevas actividades inducidas por el valor de renta urbana que ésta haya generado. No hay otra causa necesaria; antes, el simple desplazamiento de la movilidad de otros lugares más congestionados.

El territorio se organiza sobre los medios de relación que le ofrecen sus redes y por ello resultan erróneos los métodos que conciben a estas redes como simple atendimento del servicio demandado por las actividades como si tuvieran una lógica de reproducción propia. Como bien explica Herce (2002), la aplicación de este enfoque ha exacerbado las dinámicas espaciales de expansión urbana, reforzando las pautas de movilidad que se querían corregir y generado el estallido de las tramas urbanas al amparo de una política de oferta de una administración obcecada por la extensión continua de las infraestructuras, a menudo en connivencia con intereses económicos ligados a la extensión de las plusvalías en el territorio.

La crítica fundamental de este enfoque es que supone un planteamiento erróneo de la función del planeamiento del transporte, al cual niega sus posibilidades de alteración del comportamiento espacial de la movilidad y de inducción de la localización de las actividades. La constatación del importante papel que el desarrollo de las redes de infraestructuras, fundamentalmente las de transporte, tenían en la expansión de la ciudad y en la localización de las actividades, llevaron a poner el acento en el enfoque inverso que podríamos denominar enfoque de oferta, el cual adoptan actualmente las más modernas técnicas de planificación de la movilidad.

¹ La tesis doctoral de Diego A. Escobar (2008) realiza un análisis crítico de diversos aspectos metodológicos de esos modelos de tráfico y de su impacto en las ciudades medias colombianas.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA UN ENFOQUE DE OFERTA

El enfoque denominado de oferta entiende que la localización de las actividades depende de la forma y la ordenación de las redes de infraestructura, con lo cual, fundamenta sus actuaciones en ese potencial de transformación. Ello ha motivado, a su vez, una exigencia de coordinación con el planeamiento urbano y la recuperación de aspectos formales de estudio. Veamos, pues, a continuación, un breve desarrollo de estos tres elementos que a nuestro juicio parecen esenciales del enfoque y convergen hacia una refundación del paradigma retístico más dinámico, holístico y territorializado.

2.1 Revisión del paradigma retístico

Frente a la tradicional topología areolar del urbanismo definida por zonas y límites, emerge una topología reticular donde la conectividad a las redes como generador de valor y organizador territorial prevalece frente a la proximidad a los núcleos preexistentes. La visión retística permite una mejor lectura de las características esenciales de la nueva articulación entre redes y territorio (Dupuy, 1997) y en esa dirección la noción de red ha sido una constante en el planeamiento de las redes de infraestructuras desde los años sesenta. Sin embargo, esa noción de red asociada a una visión del territorio como un sistema estable de actividades relacionadas, no ha estado exento de derivas sistémicas: algunas, han privilegiado el mantenimiento o reproducción del sistema por encima de la racionalidad de su crecimiento o los cambios necesarios (Grafmeyer, 1995); otras, han exacerbado los aspectos funcionales de las redes, que ha pretendido ignorar los aspectos de profunda interrelación entre ellas.

Un ejemplo de producción indiscriminada de infraestructuras según cuenta Herce (2004) aconteció en los años 1990 en la región metropolitana de Barcelona, alimentada por discursos aparentemente progresistas de reequilibrio territorial que concebían las desigualdades de accesibilidad como carencias que precisaban de intervenciones ineludibles en infraestructura. Pero resulta imposible la consecución de un territorio absolutamente homogéneo; en su lugar aparece un modelo de territorio con profundas diferencias en el acceso a los servicios, bien por diferentes gradientes en su producción espacial o por precisar de una financiación privada que establece diferencias de acceso en función de la capacidad económica de la población. La forma de las redes, la cobertura espacial que producen y los costes de su acceso serán en el futuro un importantísimo discriminador social y espacial. Solo en la concentración y densidad puede haber posibilidad de atención a las necesidades de los ciudadanos. Un cambio de esta profundidad requiere ante todo un replanteamiento de los esquemas de intervención del sector público basados en la evolución de la demanda, y más investigación y aplicaciones en el conocimiento de la actual distribución territorial del potencial organizador de las redes, en la construcción de instrumentos de gestión que maximicen su eficacia, y menos énfasis en la reivindicación indiscriminada de más infraestructuras, de mayor cobertura territorial.

2.2 Coordinación con el planeamiento urbano sostenible

Los planes de movilidad urbana deben basarse en una concepción integral de la movilidad por la razón de que su planificación implica tanto los medios de transporte en sí mismos como los elementos contextuales que inciden sobre el funcionamiento de estos medios. Entre estos elementos puede mencionarse la organización de los diferentes usos en el territorio o la ordenación de las diversas funciones en el espacio público. En consecuencia, la planificación de la movilidad urbana requiere la integración de dos ámbitos tradicionales de planificación, la territorial y urbanística por un lado, y la de los servicios e infraestructuras del transporte por otro. En Cataluña, la legislación urbanística actual exige, en la aprobación de todas las

figuras del planeamiento, la definición de las actuaciones necesarias para lograr una movilidad sostenible mediante un estudio de obligado cumplimiento. De hecho, la legislación catalana es pionera en la materia desde la aprobación en 2003 de la ley autonómica sobre la movilidad. Ambas leyes de urbanismo y movilidad fueron realizadas en un esfuerzo común para responder a los retos actuales en materia de cambio urbano y sostenibilidad.

Las pautas de la movilidad están relacionadas con la estructura del territorio, el diseño del espacio público, la tipología edificatoria y el acceso a los servicios urbanos. Por ello, el modelo de movilidad se integra en el planeamiento integral o estratégico acompañado de los otros modelos de sostenibilidad: el del tejido urbano, de la edificación e incluso del metabolismo (energía, agua y materiales), los cuales concurren conjuntamente a la consecución de un funcionamiento urbano más sostenible. Se trata de la movilidad de la proximidad de usos que tan bien encarna el modelo de ciudad mediterránea, compacta y diversa, cuyos principios reposan en la mezcla de usos del suelo, la preponderancia del transporte público y los modos no motorizados, y la vivienda plurifamiliar en alineación entre medianeras para crear continuidad formal de calle como espacio público principal.

2.3 Recuperación de la dimensión formal de estudio

La forma de la infraestructura, no como atributo del objeto propio de la abstracción topológica, sino como condición material de inserción en el medio, modaliza profundamente la relación de ésta con las actividades. La forma de la infraestructura es, por ello, indisoluble de esa interrelación. Sin embargo, la forma urbana ha sido enajenada del registro formal de la ingeniería viaria, alienada de su naturaleza en su afán de geometrización, desarraigada del territorio por la abstracción topológica del planeamiento. Interesa, pues, tras décadas de destrucción de las ciudades, destacar lo conflictivo de la injerencia en lo urbano del orden geométrico del automóvil, por cuanto difiere del registro formal propio de la ciudad, es decir, de las formas y medidas de lo humano o cuando menos de lo arquitectónico y de lo de a pie. Es por ello imperativo restituir en la disciplina el estatuto de la forma real, abriendo las puertas al registro morfológico al cual también corresponden, por su naturaleza en buena parte material, las relaciones entre infraestructura y actividades.

Los métodos llamados de oferta contribuyen a ello introduciendo un orden formal alternativo al del automóvil, rediseñando las redes y reconstituyendo el medio físico y técnico de otros modos de movilidad que durante más de medio siglo se han visto avasallados por el automóvil. Asimismo, como también señala Herce (2004), esa atención a la forma de las redes ha llevado a incorporar al análisis otras importantes funciones de la calle que habían sido olvidadas en un contexto de exacerbamiento de los requerimientos de la circulación: funciones asociadas a las relaciones con la organización de la edificación, el paso de las redes técnicas de servicios y demás funciones derivadas del hecho de ser lugar prioritario de relación social.

No obstante, la definición concreta del espacio requiere una competencia en la ordenación y el diseño de un cierto lugar, la calle como espacio de la movilidad, que en nuestro país pocas veces se encuentra en el bagaje del ingeniero. Con demasiada frecuencia se reduce ese diseño a la transposición de las formas existentes por secciones catalogadas y ajuste geométrico mediante parámetros ajenos al contexto. Offner (2002) atribuye el poco acierto de los planes de movilidad en Francia a la escasa toma en consideración de las condiciones locales, mientras que Herce (2007, p.27) reconoce que “el diseño de una calle es el proyecto de un lugar, dentro de una determinada trama urbana y en correspondencia con un tipo de edificación”.

3. PRINCIPIOS METODOLÓGICOS²

Sobre la reflexión teórica anterior, se plantea un cierto orden metodológico de asignación de modos y flujos y de ordenación de la calle según su capacidad de admisión de tráfico y la compatibilidad con el resto de funciones urbanas. Se aborda de manera diferenciada un doble nivel de ordenación, topológico respecto de las redes y tipológico respecto de la sección de la calle, presentando sus principios en este capítulo junto con los registros de análisis y algunos instrumentos asociados en el capítulo siguiente.

3.1 Tipificación ambiental de la trama viaria

Es necesaria una primera tipificación del viario según su capacidad para admitir tráfico, la cual se basa en la noción de capacidad ambiental introducida por el ingeniero urbanista inglés C. Buchanan (1973) como instrumento de solución del conflicto entre las diferentes solicitudes de la calle, que podemos agrupar en funciones de paso, de acceso local y de estancia. El objeto de esta tipificación jerárquica del viario urbano es concentrar la mayoría del tráfico en unas pocas calles de características adecuadas a la circulación rodada, a fin de liberar el resto de calles para otras funciones urbanas: la estancia, el paseo, la relación social, en el interior de las denominadas áreas ambientales³. La justificación de la viabilidad de concentrar el grueso del volumen del tráfico en unas pocas calles se basa en un razonamiento sobre la propia lógica de la ingeniería del tráfico. Si la mayoría de estudios utilizan, en la simulación de la distribución del tráfico dentro de una ciudad, una red básica equivalente a un porcentaje máximo de un cuarto de las calles, deduce Herce (2007, p.12) que bien debe ser posible liberar el resto de calles para otros usos o cuando menos construir espacios de coexistencia con prioridad sobre otros modos. El autor (2008) propone en otro artículo una tipificación del viario según criterios ambientales y las intensidades de tráfico asumibles.

Fig.1: Diferentes criterios de definición de áreas ambientales a partir de (a) datos socioeconómicos y lugares de atracción de viajes en Figueres y (b) morfología urbana y pautas de movilidad de la población en Mataró



Fig.2: Tipificación del viario en el Plan de Movilidad Urbana de Mataró a partir de las áreas ambientales⁴



² Existe un desarrollo más extenso de este capítulo en otro artículo del autor (2008).

³ Existen varios criterios de definición de las áreas ambientales que suelen ser combinados (ver figura 1).

⁴ En Mataró (120.000 hab), se dedicó el 29,1% de las calles a la red básica que colabora, sin embargo, en la canalización del 70,8% del tráfico. La red local de acceso al interior de las 39 áreas ambientales supone el 19,1% de la trama y absorbe el 18,3% del tránsito; finalmente, la red vecinal interior a las áreas ambientales contabiliza el 51,8% de las calles pero sólo circula por ella el 10,8% del tráfico.

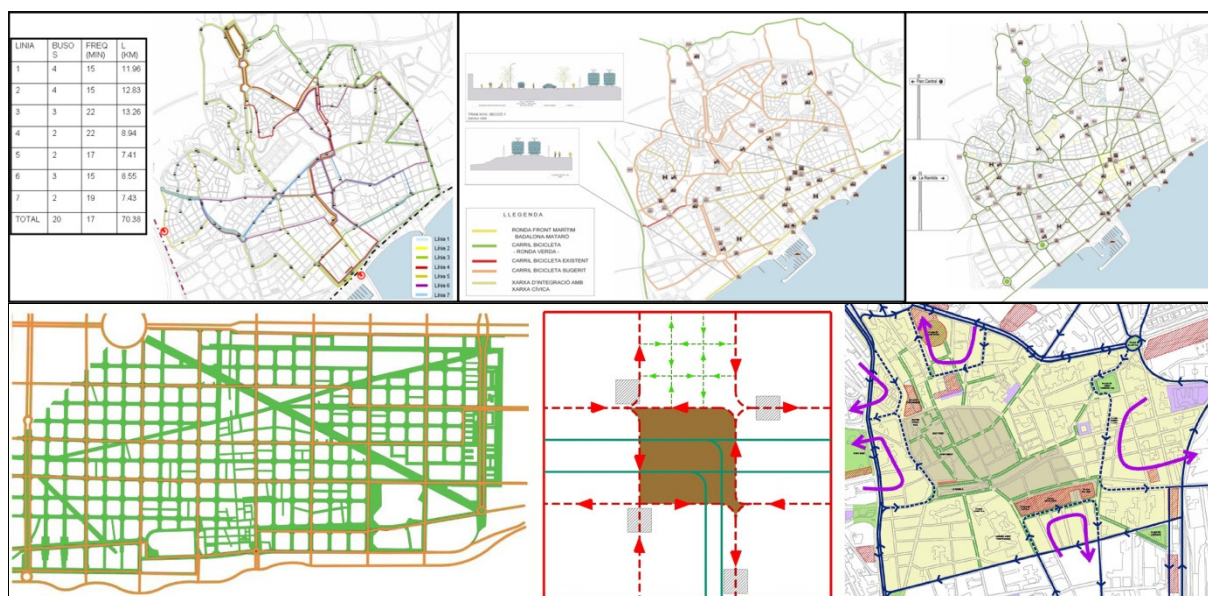
3.2 Especialización topológica de la trama viaria

La competencia entre los diferentes modos de transporte en detrimento de los más débiles, el peatón y la bicicleta, recomienda la especialización de la trama viaria en redes desacopladas para cada modo y una medida de celda en relación a la morfología urbana y las áreas ambientales⁵. Sin embargo, interesa un análisis integrado de las cuatro redes de la movilidad: el vehículo particular, el transporte público, la bicicleta y el desplazamiento a pie, de manera que cada red tenga su propia estructura en coherencia con el resto y facilite la intermodalidad. Además, en el interior de las llamadas áreas ambientales, la prioridad en la gestión del uso de la red viaria debe ser para los peatones y los ciclistas.

Los principios que debe cumplir el diseño topológico de las redes de los diferentes modos son los propios de la Teoría de redes (Dupuy, 1997; Pérez, 2003), que se enuncian en el apartado 4.2 de este artículo y aplican en otro del autor (2008), pues es solo posible en este texto el señalar la existencia de particularidades para cada modo. La red básica de circulación debe concentrar el grueso del flujo de tráfico en unas pocas calles, inferior al 25% o 30% en longitud de la trama, de dimensiones, continuidad y conexidad adecuadas, respetando las áreas ambientales definidas y una eventual moderación del tráfico en el centro urbano. La red básica para peatones, conviene que discurra por calles diferentes a las del tráfico, pero a su vez sepa también aprovechar en condiciones de coexistencia las que desempeñan una función comercial o sean calles “fachada” para que su atractivo contribuya a su utilización.

Conviene desacoplar la red ciclable de los principales itinerarios peatonales o bien segregar la bicicleta o introducir señalización que adapte su velocidad de circulación para salvaguarda del peatón. En cuanto a la red de buses urbanos, conviene un debate con los diferentes servicios municipales (movilidad, urbanismo, desarrollo económico, equipamientos y comercio, policía) para encontrar un equilibrio entre ciertas exigencias de la red que admiten diferentes razonamientos con frecuencia antagónicos, como: accesibilidad/segregación, estructura topológica, cobertura/velocidad, intermodalidad, ubicación de paradas, etc.

Fig.3: En la parte superior, ordenación de las redes de bus, bicicleta y peatones en Mataró. En la parte inferior, aplicación del concepto de supermanzana en Barcelona y de área ambiental al centro de Figueres (40.000 hab).



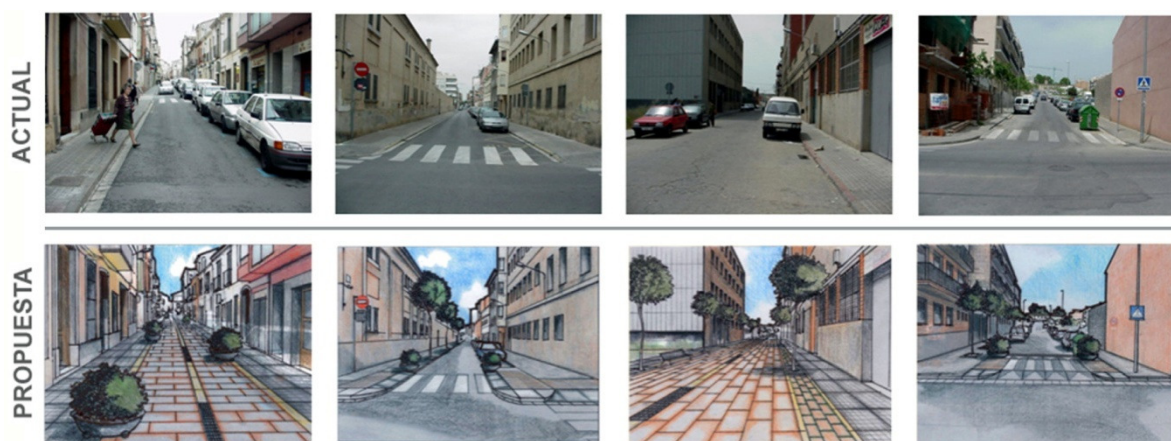
⁵ Es un referente la experiencia barcelonesa de reordenación de los modos entorno a unas supermanzanas que actúan como áreas ambientales en un ensanche ortogonal, disponible en Rueda (2008).

3.3 Adaptación tipológica de la calle a los distintos modos y su coexistencia

La forma urbana siempre ha venido impuesta por la forma de movilidad dominante. Tanto es así, que el principal reto de transformación actual para una movilidad más sostenible lo constituye la exacerbación del viario automóvil que en los últimos cincuenta años se ha cernido sobre lo urbano, no habiendo sabido limitar su ocupación en perjuicio de los otros usos y movibilidades del espacio público. En consecuencia, un elemento central de los planes de movilidad urbana deviene la adaptación urbanística de las formas de la calle que no se correspondan con las asignaciones de la trama según la reordenación de redes efectuada. En este sentido, la tipificación anterior de la trama viaria según criterios ambientales, establece ya una primera ordenación tipológica de la sección por cuanto jerarquiza el espacio-calzada en términos de capacidad y diferentes grados de segregación.

El espacio público es un bien finito con una fuerte competencia en su aprovechamiento. Por otra parte, no es posible, cuando no recomendable por exigencias de accesibilidad o interconexión, la segregación topológica total de los diferentes modos. Por todo ello, implantar redes específicas de movilidad conlleva una transformación tipológica de la calle para, por un lado, diseñar un espacio de coexistencia para una combinación adecuada de modos donde el principio de segregación del espacio aumenta su funcionalidad y seguridad y, por otro lado, restringir los otros modos incompatibles con esos o demás funciones urbanísticas y sociales de la calle.⁶

Fig.4: Ejemplos de actuaciones de adaptación tipológica de secciones de calle propuestas en el PMU de Mataró



4. REGISTROS DE ANÁLISIS E INSTRUMENTOS DE ORDENACIÓN ASOCIADOS

Como consecuencia del enfoque adoptado que se alinea con los llamados métodos de oferta, se privilegia un tipo de análisis que estudia la utilidad de los medios de transporte y sus elementos contextuales (organización de los usos del suelo y ordenación del espacio público), como estrategia que busca incidir sobre las causas de la distribución de la movilidad. Los métodos que a continuación se presentan, basados unos en su potencial de ordenación y otros en la medición de la utilidad que la red ofrece al territorio, permiten plantear y evaluar propuestas alternativas a las dinámicas espaciales observadas con que propiciar otra expresión espacial de la movilidad.

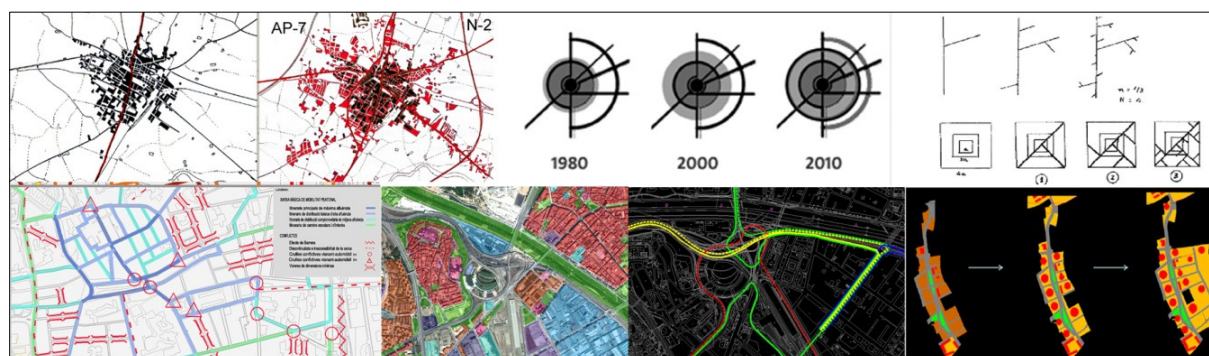
⁶ El autor (2008) dedica a ello un capítulo en otro artículo.

4.1 Análisis morfológico de las tramas urbanas y las calles

El análisis morfológico recobra un renovado y sentido valor por diferentes motivos; por un lado, la exigencia de rediseño del espacio público; por otro, la relación comprobada entre las pautas de la movilidad y los distintos tipos o modelos urbanísticos. Si el análisis de los usos del suelo es necesario para estimar los volúmenes de generación y distribución espacial de la movilidad, la morfología urbana lo es para estimar las pautas previsibles de esa movilidad y actuar sobre ella. La caracterización morfológica de la trama urbana y de sus calles supone, desde la perspectiva de la movilidad, realizar un inventario de los usos del suelo, las formas y densidades de los tejidos urbanos, la estructura de la trama viaria, la geometría de las calzadas, las aceras, los espacios de estacionamiento, las paradas de transporte público y los puntos de previsible conflicto entre modos; con lo cual, realizar un análisis de las condiciones de generación/atracción de viajes, de la jerarquización viaria, la distribución del espacio urbano para cada modo y la funcionalidad de su espacio-canal de movilidad.

Para ese análisis, a los manuales de generación de viajes, cabe añadir valiosos compendios de parámetros mínimos de dimensionamiento obtenidos del análisis empírico de la movilidad. De ello depende la zonificación de las áreas ambientales, la reordenación de las redes y el rediseño eficiente y equitativo de las calles, para lo cual se cuenta con un conjunto de instrumentos de ordenación como son el trazado geométrico en planta y alzado de la calle, los separadores físicos entre espacios especializados, el tratamiento de las diferentes superficies y, por último, el mobiliario urbano y los elementos superficiales de los servicios urbanos, cuya utilización explica ampliamente en su último libro Herce (2007, cap.3).

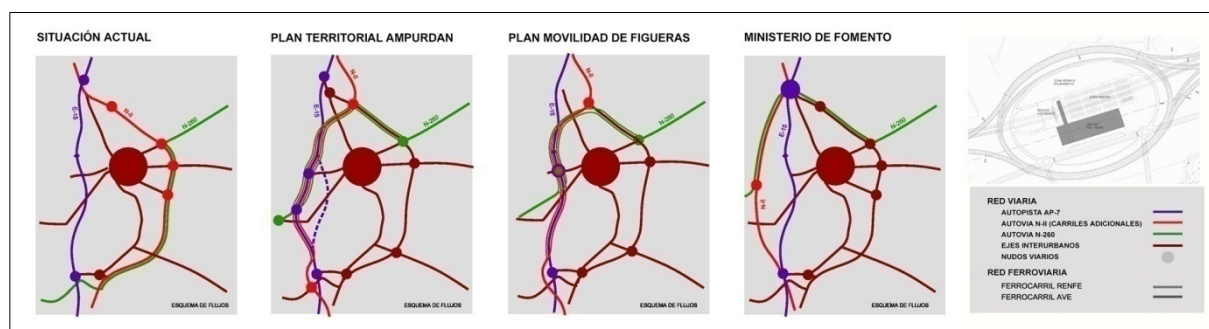
Fig.5: Diferentes tipos de análisis morfológico de tejidos, calles y enlaces



4.2 Análisis topológico de la red de infraestructura

La topología matemática ofrece instrumentos que permiten a los enfoques de oferta evaluar el potencial de ordenación de la red en base a su estructura formal; se trata de la aplicación que la geografía ha hecho de la teoría de grafos y la teoría de los objetos fractales. La primera teoría se centra en las relaciones que se crean entre los nodos del espacio conectados por la red, buscando medir su influencia sobre la conformación del sistema territorial. El análisis topológico de una red de infraestructura puede ser abordado con la Teoría de redes (Dupuy, 1997), que, al caso, se concreta en los atributos de conexidad o cohesión del grafo, conectividad por caminos alternativos, homogeneidad e isotropía de las prestaciones de la red e interconectividad con el resto de modos. Sin embargo, a pesar de su aplicación creciente, no existen formulaciones consistentes que relacionen cuantitativamente esas propiedades formales con la alteración de las pautas de localización de las actividades.

Fig.6: Esquemas de trabajo de un análisis topológico de diferentes alternativas de interconexión de autopistas y de articulación territorial en un nudo regional en Figueras, en la frontera hispano-francesa⁷



La segunda de las teorías para analizar formalmente una red, la teoría de los objetos fractales, se centra en las características topológicas no de sus nodos sino de su dimensión lineal y su eficiencia colonizadora de la superficie en su plano. La teoría fractal tiene sus orígenes en el estudio de la formación de los cristales de Von Koch, cuyo desarrollo responde a la aplicación permanente de la misma regla de división iterativa que mantiene una relación constante entre la longitud de la red y la superficie de cobertura⁸. La geometría fractal permite estudiar la eficiencia de cobertura de una red, los desequilibrios entre zonas del territorio y las intervenciones más adecuadas para reforzar su eficacia espacial. Dupuy calculó relaciones fractales para optimizar la cobertura del trazado de una línea ferroviaria de cercanías y otra de metro en París y demostró en un territorio rural que, en términos de conectividad, era mejor intervenir en carreteras locales antes que reforzar una autopista de paso. Todavía es muy pronto para disponer de herramientas ajustadas a la planificación de la movilidad en escalas más reducidas, pero ya se están aplicando en nuestro contexto para optimizar la cobertura espacial de redes de autobuses urbanos e itinerarios de peatones.

4.3 Análisis de utilidad de la red con indicadores de accesibilidad

Los métodos de medición de la utilidad que la oferta de la red confiere al territorio permiten plantear alternativas que rompan las dinámicas observadas de crecimiento y propicien otra expresión espacial de la movilidad. De entre los indicadores que emanan de las técnicas de grafos, los más usados son los de accesibilidad, que miden la interacción potencial entre nodos de la red. No obstante, no son estrictamente indicadores topológicos por cuanto interviene el nivel funcional de la red. Las formulaciones de mayor interés ponderan tan solo tiempos promedio por caminos mínimos entre puntos, otras los ponderan con indicadores socioeconómicos asociados a los nodos, otras introducen la carga real de la red. Sus valores se representan gráficamente mediante curvas isócronas que unen puntos de igual valor.

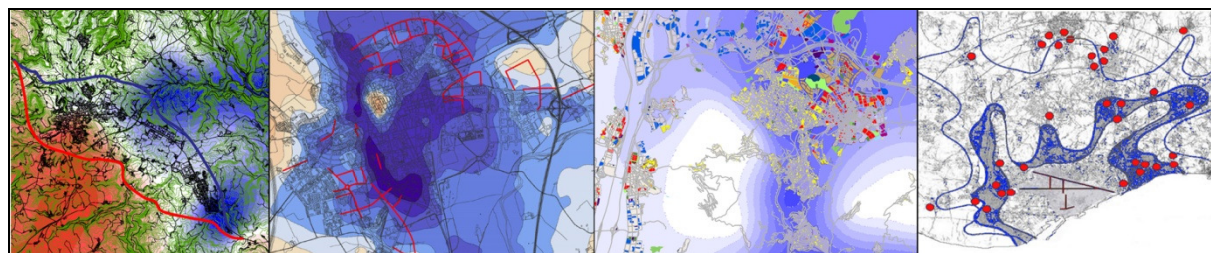
El análisis de la accesibilidad es una herramienta útil para estudiar el proceso de generación de plusvalía en el territorio y en consecuencia cómo se crean y alteran las expectativas de localización de actividades. Incluso es posible simular las intensidades y los ritmos de esos impactos, así como evaluar las diferentes acciones para alcanzar un determinado nuevo equilibrio. Han tenido aplicación en modelos cuantitativos de localización de actividades (Berry, Dieter), de influencia de la función de accesibilidad en la formación del precio del suelo (Alonso, Wingo o Mayer) y cada vez más en el planeamiento, análisis de alternativas y estudios de impacto de infraestructuras.

⁷ ESPELT, P. y MAYORGA, M. (2008). *Reforma del cruce de infraestructuras del corredor mediterráneo y el eje pirenaico en un nudo intermodal en Figueras*. I Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio, Bilbao

⁸ Ver la imagen superior derecha de la figura 5, para mejor comprensión de esa lógica fractal iterativa.

Destaca su aplicación para encontrar el trazado de la autopista Madrid-Galicia con mejor impacto económico (1975), el planeamiento de la red básica de carreteras de Cataluña (1980) y más recientemente en estudios del metro de Barcelona y las estaciones de alta velocidad de Milán⁹. En el planeamiento de la movilidad local, este instrumento puede ser aplicado en la detección de qué actuaciones son prioritarias para lograr unos determinados objetivos de movilidad e incluso para comprobar cuál es la correspondencia entre las propuestas urbanísticas definidas en un plan municipal de ordenación y las expectativas de localización de actividades.

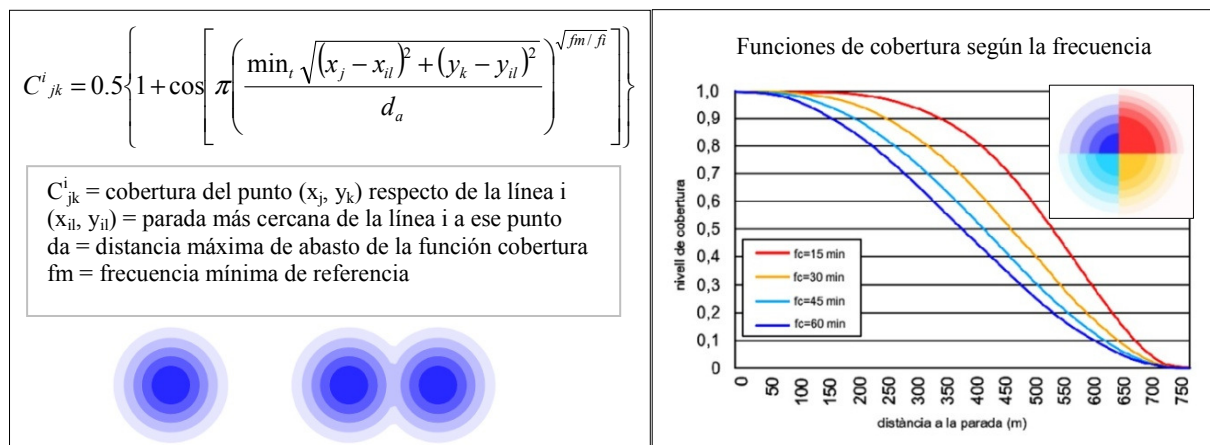
Fig.7: Aplicaciones del análisis con indicadores de accesibilidad generalizada o centralidad a: (a) alternativas de variantes, (b) planes de ordenación urbanística y (c y d) estudio de la localización de actividades.



4.4 Análisis de utilidad de la red con indicadores de cobertura

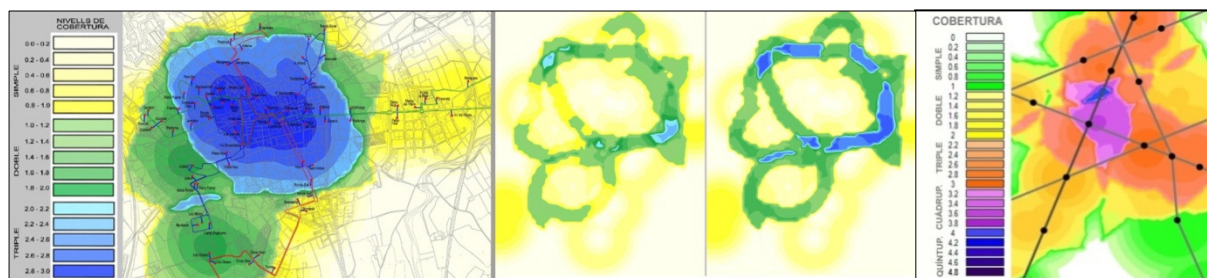
El diseño de las redes de autobuses urbanos está vinculado a la vez a las infraestructuras del transporte y la logística pero también a los servicios urbanos. Sin embargo, inexplicablemente no ha contado nunca con el portento de sus instrumentos de análisis. Más allá de los radios de cobertura de las zonas de generación y atracción de viajes, el diseño y la interconexión de los itinerarios no han recibido la atención adecuada aunque resultan tan críticos como la frecuencia de paso o la velocidad comercial. Cualquier replanteamiento debe partir de la constatación de que el radio de influencia (tiempo de acceso) y la propia utilización del sistema de transporte no dependen tan sólo de los recorridos de las líneas sino también de su frecuencia y regularidad. Ello requiere formular una función de utilidad del gradiente de servicio que considere la frecuencia de paso como variable, lo cual exige técnicas de cálculo numérico y programación en un computador. Afortunadamente las últimas versiones de hojas de cálculo de los paquetes de software doméstico ofrecen entornos disponibles en un lenguaje asequible (VBA). El método supone discretizar el ámbito de estudio, calcular para cada línea de servicio (puede agregarse luego en un indicador de cobertura múltiple) y representar gráficamente mediante software de interpolación numérica.

Fig.8: Propuesta de (a) función de cobertura y (b) gradiente de servicio para distintas frecuencias de paso



⁹ Por el equipo de investigación del autor, se ha aplicado a la ronda urbana de Bogotá (Colombia) y de Sabadell (Cataluña), varias redes básicas comarcales y varios planes de movilidad urbana.

Fig.9: Niveles múltiples de cobertura en (a) una red de 3 líneas de bus y en (b) una red de 5 líneas de metro



4.5 Utilización de los instrumentos propios de los enfoques de demanda

Los instrumentos anteriores no son suficientes, por sí mismos, para dar respuesta a los problemas que plantea la movilidad, pero sí permiten dar la vuelta al determinismo de los enfoques de demanda; lo que antes era un dimensionado automático desde proyecciones de la demanda, queda ahora limitado a una comprobación de hipótesis de planificación (Herce, 2002). La diferencia metodológica es que las velocidades y capacidades de las vías no son fijas en un enfoque de oferta. Son una condición a comprobar, indican dónde se exacerbarán los problemas de las redes propuestas para poder plantear políticas de oferta alternativas (recorridos alternativos, reforma viaria, cierre de itinerarios, nueva oferta de transporte colectivo, etc.). Los instrumentos de ambos tipos de enfoques se complementan dando un resultado más acorde con la movilidad y el modelo de ciudad a los cuales se aspira.

5. BIBLIOGRAFIA

- Buchanan, C. (1973). *El tráfico en las ciudades*. Madrid: Tecnos
- Dupuy, G. (1997). *El urbanismo de las redes. Teorías y métodos*. Barcelona: Oikos-Tau
- Escobar, D. A. (2008). *Instrumentos y metodología de planes de movilidad y transporte en las ciudades medias colombianas*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya, Departamento de Infraestructuras del Transporte y Territorio, Barcelona
- Espelt, P. y Miró, J. (2008). Ordenación de la calle en los planes de movilidad urbana a partir de criterios de capacidad ambiental. Aplicación a una ciudad mediana y una ciudad pequeña de Cataluña. I Congreso de Urbanismo y Ordenación del Territorio, Bilbao, mayo de 2008
- Grafmeyer, Y. (2004). *Sociologie urbaine*. París: Nathan
- Herce, M. y Magrinyà, F. (2002). *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona: Edicions UPC
- Herce, M. (2004). Barcelona: Accessibility Changes and Metropolitan Transformations. *Built Environment*, V. 30.2, p.127-137
- Herce, M. (2007). *Instruments d'ordenació del carrer*. En Herce, M (Comp.). *L'espai urbà de la mobilitat*. Barcelona: Edicions UPC
- Offner, J.M. (2002). Plans de déplacements urbains: bilan controversé. *Pouvoirs locaux*, n.53, p.47-49
- Pírez, P. et al. (2003). *El sistema urbano-regional de redes de servicios e infraestructuras. Materiales para su estudio*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata